

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 44 41 947 A 1

(51) Int. Cl. 5:  
G 02 B 19/00  
G 03 F 7/20

DE 44 41 947 A 1

(21) Aktenzeichen: P 44 41 947.3  
(22) Anmeldetag: 25. 11. 94  
(23) Offenlegungstag: 30. 5. 96

(71) Anmelder:  
Fa. Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

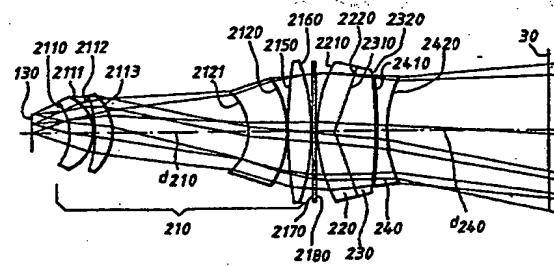
(61) Zusatz zu: P 44 21 053.1

(72) Erfinder:  
Richter, Gerald, 73453 Abtsgmünd, DE; Wangler,  
Johannes, 89551 Königsbronn, DE

(54) Beleuchtungseinrichtung.

(57) Beleuchtungseinrichtung für ein optisches System, insbesondere eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, mit einem Zoom-Objektiv zur Verstellung des Kohärenzgrads ( $\sigma$ ) und mit zwei darin angeordneten Axicons (220, 230) mit verstellbarem Abstand nach P 4421053.1. In der ersten Linsengruppe (210) ist ein zusätzliches Zoom-Element (2121, 2120) vorgesehen.

Damit wird stufenlos konventionelle Beleuchtung mit variablen Kohärenzgrad ( $\sigma$ ) und Ringapertur- oder Multipolbeleuchtung verschiedener Geometrie bereitgestellt, bei geringen Lichtverlusten und gegenüber der Stammmeldung gleichmäßigerer Ausleuchtung bei großem Kohärenzgrad ( $\sigma$ ).



DE 44 41 947 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04.96 602 022/251

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung für ein optisches System, insbesondere eine mikrolithographische Projektions-Belichtungsanlage mit zwei Axicons nach der Patentanmeldung P 44 21 053.1 vom 17.06.1994, bei der die zwei Axicons in einem Zoom-Objektiv integriert sind und ihr Abstand verstellbar ist.

Der bekannte Stand der Technik ist in der genannten Anmeldung beschrieben.

Die immer weiter fortschreitende Annäherung an die Auflösungs-Grenzen der optischen Projektion für die lithographische Mikrostrukturierung bringt das Erfordernis mit sich, daß die Beleuchtung entsprechend den Strukturen der einzelnen Vorlagen optimiert werden muß, das heißt, optimierte Ringapertur- oder Quadrupol-Beleuchtung und andere müssen eingestellt werden können.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine besonders flexibel veränderbare Beleuchtungseinrichtung anzugeben, die durch Verstellen von Elementen, ohne Austausch, und mit möglichst hohem Wirkungsgrad, eine Vielzahl von Beleuchtungsmodi ermöglicht.

Gegenüber der genannten Anmeldung soll die Beleuchtung noch gezielter einstellbar sein.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß bei einer Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 – 13 der Patentanmeldung P 44 21 053.1 zwei Linsen des Zoom-Objektivs verschiebbar sind.

Dadurch gewinnt das Linsendesign zusätzliche Freiheit zur Anpassung der Zoom-Wirkung an die Axicon-Wirkung. Für großes  $\sigma$ , das heißt große ausgeleuchtete Fläche wird der Intensitätsverlauf bei kleinen und bei großen Radien angehoben, die Ausleuchtung also gleichmäßiger.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn das zusätzlich eingeführte Zoom-Element so ausgebildet ist, daß es bis zur Berührung an eine benachbarte Linse angenähert werden kann, insbesondere wenn beide auch gleiche Brechzahl aufweisen.

Gemäß Anspruch 4 wird die Einstellung mit kleiner ausgeleuchteter Fläche, also kleinem Kohärenzgrad  $\sigma$  erreicht, wenn beide verschiebbaren Linsen fern von den beiden Axicons liegen, und großes  $\sigma$  wird erreicht, indem diese Linsen möglichst nah an die Axicons rücken.

Die Kombination mit allen vorteilhaften Ausführungsformen gemäß den Ansprüchen der P 44 21 053.1 ist uneingeschränkt möglich und sinnvoll.

Näher erläutert wird die Erfindung anhand der Zeichnung.

Es zeigen:

Fig. 1 die schematische Darstellung einer Ausführung des in einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung enthaltenen Zoom-Axicon-Objektivs als Linsenschnitt bei auf Abstand Null zusammengerückten Axicons und Stellung der Zoom-Elemente für minimale Ausleuchtung;

Fig. 2 dasselbe wie Fig. 1, jedoch in der Stellung der Zoom-Elemente für größtmögliche Ausleuchtung;

Fig. 3 den Intensitätsverlauf als Funktion des Radius in der Pupillenzwischenebene für verschiedene Zoom- und Axicon-Positionen der Anordnung nach Fig. 1 und 2.

Fig. 1 zeigt entsprechend der Fig. 2a der P 44 21 053.1 einen Linsenschnitt des in der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung vorgesehenen Zoom-Axicons. Es ist zwischen der Ebene 130 des Verschlusses, der eine sekundäre Lichtquelle darstellt, und der Pupillenzwischenebene 30 angeordnet und besteht aus einer ersten Linsengruppe 210, dem Axicon-Paar 220, 230 und der Zoomlinse 240, insoweit entsprechend der Stammanmeldung. In der ersten Linsengruppe 210 ist nun aber ein zweites Zoomglied 2121, 2120 vorgesehen, welches bei der gezeigten Einstellung nahtlos an die Fläche 2113 der davorliegenden Linse anliegt. Die Flächen 2113, 2121 haben im Rahmen des sinnvoll machbaren und optisch wirksamen gleichen Krümmungsradien. Die zugehörigen beiden Linsen bestehen zudem aus dem gleichen Glas mit einheitlichem Brechungsindex n. Damit sind in der gezeigten Stellung die Flächen 2113, 2121 wie auch die Kegelflächen 2220, 2310 der Axicons 220, 230 optisch ohne Wirkung. Diese Stellung ist für konventionelle Beleuchtung mit kleinem Kohärenzfaktor  $\sigma$ , also kleiner ausgeleuchteter Fläche in der Pupillenzwischenebene 30, geeignet. Eine Ringaperturbeleuchtung wird daraus durch Auseinanderfahren der Axicons 220, 230 entsprechend der Fig. 2b der Stammanmeldung.

Fig. 2 zeigt für das gleiche Ausführungsbeispiel wie Fig. 1 die Stellung für maximalen Kohärenzfaktor  $\sigma$ . Hier ist die Zoomlinse 240 ganz an das Axicon 230 gerückt, gleichzeitig ist das zweite Zoomglied 2121, 2120 von der Linsenfläche 2113 weit abgerückt bis in die Nachbarschaft der Fläche 2150 der letzten Linse der ersten Linsengruppe 210.

Die Tabelle gibt die Radien, Abstände und Glasarten aller Linsen in dem Objektiv wieder. Die Planplatte 2170, 2180 ist als Filterelement vorgesehen.

Ein Unterschied zur Ausführung der Stammanmeldung besteht im wesentlichen darin, daß die starke Krümmung der zweiten Fläche 2111 der ersten Linse eine schmalere Ausgestaltung des Randbüschels ergibt.

In der breiten Ausleuchtung haben die zweite (2112, 2113) und dritte (2121, 2120) Linse ihren größtmöglichen Abstand  $d_{210}$  voneinander. Dieser Abstand  $d_{210}$  zusammen mit der positiven Brechkraft der zweiten Linse (2112, 2113) bewirkt eine Verlagerung des Randbüschels an den Rand des beleuchteten Feldes (30) und damit dort eine höhere Beleuchtungsstärke. Außerdem bewirkt die Verlagerung des Zonenbüschels eine verbesserte Ausleuchtung der Mitte des beleuchteten Feldes (30). Da auf der Lichteintrittsseite (130) in kleinen Winkeln keine Lichtintensität vorhanden ist (Ausleuchtung durch Entladungslampe mit Elektroden in der optischen Achse mit Paraboloidspiegel), wird im 4-linsigen Vergleichssystem der Stammanmeldung die Mitte des beleuchteten Feldes (30) nur gering ausgeleuchtet.

Die Axicon-Wirkung erzeugt eine Ringapertur-Beleuchtung. Die Breite des Ringes wird durch die pankratische Einstellung vorgegeben, die Lage des Ringes wird unabhängig davon durch die Bewegung des Axicon-Elements eingestellt.

Bei maximaler Axiconwirkung kombiniert mit der schmalsten pankratischen Einstellung wird der Beleuchtungs-Stärkeverlauf von Kurve C der Fig. 3 wiedergegeben.

DE 44 41 947 A1

Kurve B gilt für die Einstellung gemäß Fig. 2, Kurve A gehört zu Fig. 1. Im Vergleich zur Fig. 3 der Stammanmeldung zeigt sich bei Kurve B die verbesserte Ausleuchtung in der Mitte und am Rand.

Tabelle I

Nr.	Radius	Dicke	Glasname	
130	plan	35,0		10
2110	-48,0	24,3	Quarz	
2111	-40,1	0,6		
2112	-94,4	14,6	FK5 (Schott)	15
2113	-56,6	0,2 - 130,5 (d <sub>210</sub> )		
2121	-56,6	37,4	FK5	
2120	-101,5	130,4 - 0,2		20
2150	578,8	21,8	FK5	
2160	-254,8	2,1		
2170	plan	2,2		25
2180	plan	2,1		
2210	154	8,0	FK5	
2220	Kegel	variabel		30
2310	Kegel	46,0	FK5	
2320	-2512	143,1 - 0,2		
2410	-2512	9,1	FK5	35
2420	128,6	23,1 - 166 (d <sub>240</sub> )		
30	plan			40

Kegelwinkel  $\alpha$ : 62 Grad für 2220, 2310

45

Patentansprüche

1. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1–13 der Patentanmeldung P 44 21 053.1 vom 17.06.1994 für ein optisches System, insbesondere eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, mit zwei Axicons (220, 230), wobei ein Zoom-Objektiv zur Verstellung des Kohärenzgrads ( $\sigma$ ) vorgesehen ist und die zwei Axicons (220, 230) in diesem Zoom-Objektiv angeordnet sind und ihr Abstand verstellbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Linsen (2121, 2120, 240) des Zoom-Objektivs verschiebbar sind.
2. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine verschiebbare Linse (2121, 2120) eine Fläche (2121) mit nahezu gleichem Radius wie die benachbarte Fläche (2113) einer feststehenden Linse (2112, 2113) hat, und daß beide Flächen (2113, 2121) bis zur Berührung angenähert werden können.
3. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die eine verschiebbare Linse (2121, 2120) und die eine feststehende Linse (2112, 2113) aus Glas mit gleicher Brechzahl  $n$  bestehen.
4. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß für kleine Kohärenzgrade ( $\sigma$ ) beide verschiebbaren Linsen (2121, 2120; 240) fern von den beiden Axicons (220, 230) liegen, für großen Kohärenzgrad ( $\sigma$ ) nahe daran.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

65

**- Leerseite -**

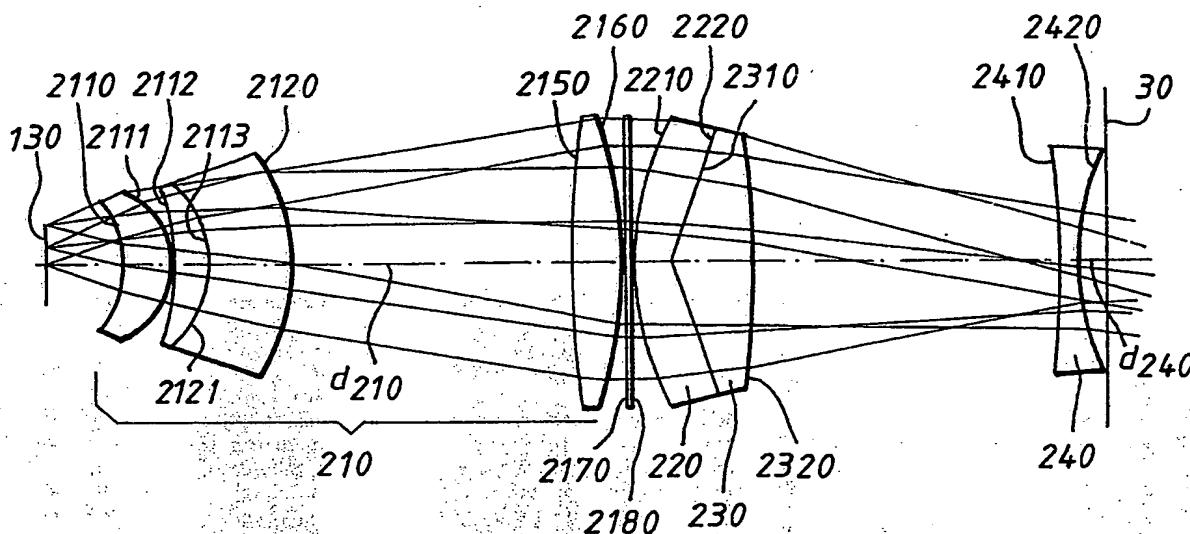
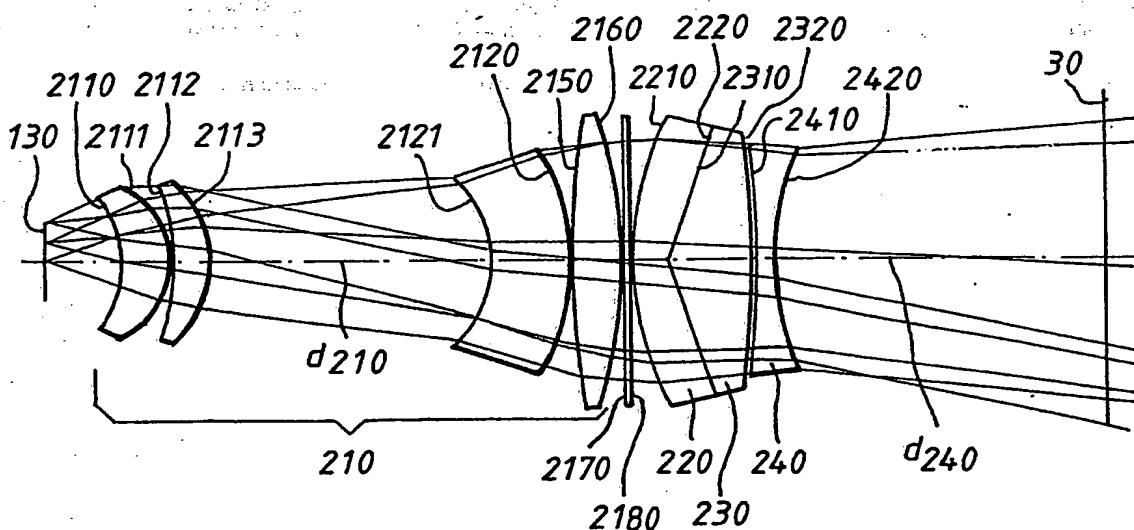
FIG. 1FIG. 2

FIG. 3